

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-164240

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)7月7日

H 01 L 21/88

B-6708-5F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全13頁)

⑮ 発明の名称 配線形成方法およびその装置

⑯ 特 願 昭61-308417

⑰ 出 願 昭61(1986)12月26日

⑱ 発 明 者 本 郷 幹 雄 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑱ 発 明 者 水 越 克 郎 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑱ 発 明 者 佐 野 秀 造 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑱ 発 明 者 東 淳 三 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑳ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

配線形成方法およびその装置

2. 特許請求の範囲

1. CVD原料ガス雰囲気中で半導体装置表面にレーザー光を集光・照射して配線を形成する装置において、上記半導体装置の表面をクリーニングする手段と、上記半導体装置の接続を必要とする配線上の絶縁膜を除去し配線表面を露出させる手段と、上記半導体装置の表面に導電性を有し、かつ上記半導体装置表面およびCVDにより形成する配線との密着性の優れた膜を形成する手段と、レーザーCVDにより配線を形成する手段を備え、上記半導体装置を大気にさらすことなく上記各々の手段による処理が行える構成としたことを特徴とする配線形成装置。
2. 特許請求の範囲第1項記載の配線形成装置において、前記半導体装置の表面をクリーニングする手段がArプラズマによるスパッタエッチング手段であることを特徴とする配線形成装置。

3. 特許請求の範囲第1項記載の配線形成装置において、前記絶縁膜を除去して配線表面を露出させる手段が集束したイオンビームによる加工手段であることを特徴とする配線形成装置。

4. 特許請求の範囲第1項記載の配線形成装置において、前記密着性の優れた膜を形成する手段がArプラズマによるスパッタ成膜手段であることを特徴とする配線形成装置。

5. 特許請求の範囲第1項記載の配線形成装置において、前記密着性の優れた膜を形成する手段が、真空蒸着手段であることを特徴とする配線形成装置。

6. 特許請求の範囲第1項記載の配線形成装置において、前記密着性の優れた膜を形成する手段が、熱CVD手段であることを特徴とする配線形成装置。

7. 特許請求の範囲第1項記載の配線形成装置において、前記半導体装置の表面をクリーニングする手段および前記密着性の優れた膜を形成する手段がArプラズマによるスパッタリングを利

用し、高周波電力を印加する電極を切換えることにより、同一箇所で行える構成としたことを特徴とする配線形成装置。

8. CVD原料ガス雰囲気中で半導体装置表面にレーザ光を集光・照射して配線を形成する方法において、

- a) 前記半導体装置の表面をクリーニングする工程、
- b) 前記半導体装置の接続を必要とする配線上の絶縁膜を除去し配線表面を露出させる工程、
- c) 前記半導体装置の表面に導電性を有し且つ半導体装置表面およびレーザCVDにより形成する配線との密着性の優れた膜を形成する工程、
- d) レーザCVDにより工程b)で形成した穴に導電性物質を埋め込む工程、
- e) 前記導電性物質を埋め込んだ部分どうしをレーザ光の集光位置を前記半導体装置に対して相対的に移動させながらレーザCVDにより配線を形成する工程、

に布線を施したり、不良配線を補修して、暫定的に完全な動作が得られる半導体装置を製造すれば、それに引き続く特性評価や、設計変更が迅速に行えることとなる。

一方、従来技術として特開昭59-168652号があり、集束イオンビームによる半導体装置の配線の切断および穴あけの手段が示されている。即ち、集束イオンビームによる加工は $0.5\mu\text{m}$ 以下の加工が可能であること、どの様な材料でもスパッタリングにより上層から順次容易に加工が行えることなどから配線を切断したり、上下の配線を接続する手順が示されているが、一つの配線から別の配線へと接続を行う手段については何ら触れられていない。

また、エクステンデッド・アブストラクツ・オブザ・セブンティーンズ・コンファレンス・オン・ソリッドステイト・デバイス・アンド・マテリアルズ(1985年)第193頁から第196頁(Extended Abstracts of the 17th Conference on Solid State Devices and Materials, Tokyo,

f) 工程c)により形成した膜の不要部分を除去する工程、

を含み、少なくとも工程a)から工程e)までは、前記半導体装置を大気にさらすことなく処理することを特徴とする配線形成方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は半導体装置の表面に配線を形成する技術に係り、特に試作した半導体装置に部分的な不良が存在する場合に不良箇所を特定し、補修するのに好適な配線形成技術に関する。

(従来の技術)

高性能化、高速化をめざして半導体装置の微細化、高集積化が行われている。これに伴い、半導体装置の開発が難かしくなり、開発期間の長期化を招いている。かかる状況は、LSI設計にもカットアンドトライなる回路製作技法が必要であることを示している。即ち、従来の設計で十分に動作しないチップ上の不良部分を特定し、当該部分に存在する配線を切断したり、任意の箇所

1985, pp. 193~196)などに述べられているように、レーザCVD技術を用いて SiO_2 で被覆されたSi基板上にMo配線を形成する技術が示されている。しかし、現実の半導体装置上に配線を布設するには、配線材料として十分に低抵抗なものを、高速に形成することが必要であり、かかる観点のみに立脚しても、従来技術は、そのままでは適用できない。

配線布設が現実的な速度で行えたとしても、更に配線と下地との密着強度が十分であること、十分な断面積を有する配線形状が得られること等が要請される。

上記の従来技術には、CVD原料ガス圧を増加させること、レーザ出力を増加させること、レーザ光照射の相対的走査速度を減少させることに依って、形成する配線材料の膜厚を増加できる旨の記載がある。

しかし本件出願に係る発明者らの実験によれば、レーザCVDで形成した配線の膜厚を増加させると、当該配線が剥離したり、クラック(ひび割れ)

が生じてしまうことが明らかになった。また、レーザー出力を増加させると下地、特に拡散層や接合部分が過熱され特性が劣化するのみならず、下地の構造、例えば Λ 配線の存在、パシベーション膜の膜厚の大小により部分的に熱容量が異なるため、形成しようとする配線材料の膜厚及び配線幅が著しく変化することも明らかになった。かかる問題点が解決されない限り、半導体装置上への配線布設は実現不可能である。

更に別の従来技術として、例えば特開昭60-236214号公報、特開昭60-236215号公報に開示されているように、レーザー光を吸収する核として、100Å以下の薄い膜を成膜した後にレーザー光を照射してCVDを行わせ配線材料を成膜する技術がある。しかし本件出願に係る発明者らの実験によれば、100Å以下の薄い膜では配線材料と下地との密着強度が不十分であり、レーザー光の吸収が不十分で下地が過熱され特性の劣化を生じさせることが明らかになっている。
〔発明が解決しようとする問題点〕

いという問題点がある。

本発明の目的は、レーザーCVD技術で形成した配線が上記の問題点を生ずることなく、半導体装置上の任意箇所を接続できる配線形成技術を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は半導体装置表面のクリーニング、絶縁膜への穴（窓）あけ、（必要に応じて配線の切断）、緩衝膜の形成、配線布設までを、半導体装置を途中で高真空環境から脱却させることなく行うことで達成される。

即ち、半導体装置を真空中でクリーニングする手段と、半導体装置表面に形成されている絶縁膜（多層配線の場合には層間絶縁膜を含む）に窓あけを施し配線の一部を露出させる手段（必要に応じて配線の切断を行う手段も兼ねる）と、半導体装置の最上層（半導体装置表面）を構成する材料および布設しようとする配線材料に対して物理的密着性に富む導電体であって、配線布設に用いるレーザー光の吸収率が高い材料から成る緩衝膜を、

第1の従来技術は上記の様に、一つの配線から別の配線へと接続を行う手段については何ら触れられておらず、また第2の従来技術においては次の様な具体的問題点が未解決である。即ち、

(1) 折出させ布設した配線が、半導体装置表面から剥離してしまったり、ひび割れ（クラック）が生じてしまう。

(2) 配線布設の際に、レーザー光を照射しているが、レーザー光照射が配線の下地となる下層を過熱してしまう。

(3) (2)の結果、折出過程が下地となる下層の熱容量に依存することとなり、下層に熱容量の小さい材質からなる下地構造があると、布設したい配線の厚み及び幅が極端に太くなり、配線幅を均一に保つのが困難である。

さらには第1の従来技術により半導体装置の絶縁膜に穴あけを行なって接続が必要な配線の一部を露出させた後に大気にさらすと、配線の表面に酸化膜が形成されレーザーCVDにより配線を形成しても接続抵抗が大きい、あるいは全く導通しない

少なくとも半導体装置の一部に形成する手段と、当該緩衝膜に対してCVDガス雰囲気内で相対的に走査しながらレーザー光を照射する手段が主たる構成要素である。

これらの手段により、半導体装置を単一の真空容器、あるいはゲートバルブで連結された複数の真空容器内で大気にさらされることなく処理することにより、上記目的が達成される。

配線布設後には前記緩衝膜を除去する必要がある。本願の実施例においては気相で除去するスパッタエッチング手段が開示されて居るが、配線布設後は大気中を持ち運び、液相でエッチングする手法も可能である。但し、液相でエッチングする場合は薬液の純度を考慮し、容器から溶解する不純物の対策を講ずる必要があるが、ここではこれ以上は触れない。

〔作 用〕

集束イオンビームにより絶縁膜に窓あけされ露出した半導体装置の配線（主として Λ 配線）は極めて活性で酸素と結合して酸化膜を作りやすい。

このため窓あけを施した後に大気にさらすことなく同一真空容器内で、或はゲートバルブを介して連結した真空容器内へ移動して、半導体装置表面に緩衝膜を形成すれば、酸化膜により接続抵抗の増大が生ずることがない。

ここで定義した緩衝膜とは、具体的には、Mo, Cr, W, Niといった金属、或いは活性不純物を含んだSi, Ge, GaAs, ポリシリコンといった半導体、金属とシリコンの合金であるシリサイドである。これらの物質は、半導体装置の表面を覆うSiO₂パッシベーション膜や、レーザCVDで布設される配線材料との密着性が優れている。

このため半導体装置表面から配線材料を剥離することなく、布設後の配線材料にクラックが生じることもない。

また、緩衝膜はCVD現象を生じさせるレーザ光に対して吸収率が高いので、レーザ出力を増加せずとも配線材料の析出が可能であり、制御性の良いCVDが行える。換言すれば、レーザ光を高速で走査しても配線の布設ができる。

設置され、流量調整用のバルブ14, 15, 配管16, 17を介してそれぞれCVD原料ガスボンベ18, Arガスボンベ19に接続されている。さらにメインチャンバ3にはイオンビーム光学系20が設置され、例えば液体金属イオン源から放出された金属イオンを微細に集束し、一定領域を走査させることによりスパッタリング加工が行なえる構成になっている。さらにメインチャンバ3にはスパッタ用ターゲットを有するスパッタ上部電極21が設けられている。さらに、レーザ光透過用の窓22が設けられ、Arイオンレーザ発振器23から発振されたレーザ光24がレーザ光学系25を介して対物レンズ26で集光してウェハ7'に照射できる構成となっている。レーザ光学系25にはTVカメラ27が取付けられており、モニタ28によってウェハ7'の表面が観察できる構成となっている。

次に各部の機能および本発明にかかる配線形成の手順について説明する。

不要な配線の切断も含めて配線を形成すべきウ

更に、緩衝膜があるために布設する下地の材質構造の影響を緩和できるので、布設する配線の幅及び膜厚を一定に保ち易くなる。逆に、緩衝膜がレーザ光のエネルギーの大部分を吸収し、一部分を反射するので、配線の下地への熱的影響を減少できる。

【実施例】

第1図は本発明の一実施例である配線布設装置の全体構成を示している。

ロードロック室1はゲートバルブ2を介してメインチャンバ3と連結されており、各々、真空ポンプ4, 4'により、配線5, 5'及びバルブ6, 6'を介して排気できる構成となっている。ロードロック室1にはウェハ7(あるいは必要に応じてチップ)を載置するための試料台8及び上部電極9が設けられ、更には流量調整用のバルブ10, 配管11を介してArガスボンベ12に接続されている。

また、メインチャンバ3内にはウェハ7'を載置しX-Y-Z-θに移動可能なステージ13が

ウェハ7をロードロック室1内の試料台8上に載置し、密閉した後、バルブ6を開けて、真空ポンプ4によりロードロック室1内を 1×10^{-7} Torr以下まで排気する。このときの真空度は 1×10^{-6} Torrでも、場合によっては許容される。

その後、流量調整用バルブ10を開き、Arガスボンベ12からArガスをロードロック室1内に導入し、Arガス圧が数mTorrとなる様にバルブ10を調整する。この状態で高周波電源(図示せず)からの高周波電力を試料台8に印加する。この時、上部電極9はアースレベルに保たれる。これにより試料台8およびウェハ7と上部電極9の間にArプラズマが発生し、Ar⁺イオンがウェハ7表面をスパッタリングする。これにより、ウェハ7表面に付着している汚染源(水分, ゴミ, よごれ)を除去する。

その後、高周波電力の印加を停止し、バルブ10を閉じ、バルブ6を開いてロードロック室1内のArガスを排気する。その後、ゲートバルブ2を開いて搬送機構(図示せず)によりウェハ7

をメインチャンバ3内のX-Y-Z-θステージ13上に設置する。この時、メインチャンバ3内は 1×10^{-7} Torr程度の高真空に保たれている。

ウェハ7'はステージ13によりレーザ透過用の窓22直下に移動され、対物レンズ26、TVカメラ27、およびモニタ28で観察しながらZ、θ方向の調整を行う。その後、配線形成を行うべきチップの基準位置(ターゲットマーク、あるいはチップの特定箇所)を位置合せし、ステージ13を駆動してイオンビーム光学系20の直下に移動する。ここでは予備的な位置合せをレーザ光学系25、対物レンズ26、TVカメラ27、モニタ28で行なったが必ずしも必要ではなく、後述するイオンビーム光学系20で走査イオン顕微鏡像を観察しながら行っても良い。

イオンビーム光学系20は第2図に示す様に、イオン源(例えばGa等の液体金属イオン源)31、その下部に設けられた引出し電極32、静电レンズ33ブランキング電極34、デフレクタ電極35、二次電子検出器36、電子シャワー

37から構成されている。

引出し電極に高電圧を印加することにより、イオン源31から金属イオンビーム38(Gaイオン源の場合にはGaイオン)が放出され静电レンズ33により $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ に集束され、ウェハ7'上に照射される。この時、デフレクタ電極35によりイオンビーム38を走査することにより一定領域のスパッタリング加工が行なわれる。また、デフレクタ電極35に印加する信号に同期させて二次電子検出器36から得られる信号をモニタ39上に表示することにより、走査イオン顕微鏡像としてウェハ7'表面の観察を行うことができる。ここで、電子シャワー37はチップ(ウェハ)表面がイオンビーム38により正に帯電するのを防止するためのものである。なお、イオン源31の加熱用電源、各電極32、34、35静电レンズ33、電子シャワー37用の電源は図示していない。モニタ39上の走査イオン顕微鏡像を見ながらチップの基準位置を例えばイオン光学系20の光軸中心に位置合わせする。その後、設計

データに従ってステージ13を駆動して切断すべき配線位置あるいは接続すべき配線位置に移動する。この時、イオンビーム38はブランキング電極34により曲げられ、チップ上には到達しない。

移動が終了すると、偏向させないときの光軸を中心に、切断の場合は配線巾より広く(ただし隣接する配線には照射されない範囲で)走査領域を設定して、接続の場合には配線巾と同程度に走査領域を設定して、それぞれイオンビーム38を必要な時間、照射する。照射時間は加工速度を予め測定しておくことにより設定できるし、加工深さをモニタする手段を用いても良い。イオンビーム38による加工、ステージ13の移動を繰返すことにより、必要な配線の切断および接続すべき配線への窓あけが終了する。なお、本実施例ではイオンビーム照射による二次電子を利用した観察も併用することができる。特に加工深さをモニタする手段として、二次イオンを利用する方法が有効であるが、ここではこれ以上触れない。

次にステージ13を駆動して、ウェハ7'をスパッタ電極21の直下に移動する。イオンビーム38がメインチャンバ3内に照射される開口部分にはゲートバルブ40が設けられており、イオンビーム38照射が終了した時点で閉じられイオンビーム光学系20を真空に保つ。メインチャンバ3内は流量調整用バルブ15(第1図)、配管17を介してポンプ19よりArガスを導入しArガス圧が数mTorrとなる様にバルブ15により調整する。スパッタ電極21にはCrターゲットが設置されており、これに高周波電力を印加し、ステージ13はアースレベルに保たれる。高周波電力印加により発生したArプラズマ中のAr⁺イオンがCrターゲットをスパッタリングすることによりCr原子が飛び出し、ウェハ7'表面に付着する。これにより数100~1000Å程度のCr膜を形成できる。この緩衝膜としてのCrの膜厚は300Å程度でその効果を奏することができ、1μm程度まで厚くしても下地(半導体装置表面)との密着性は良好である。後の工程で緩衝膜の除

去が必要な場合には、下地である半導体装置表面上のパッシベーション膜(SiO_2)の膜厚が、後のエッチング工程でどこまで削られてもかまわないかに依存して、緩衝膜の膜厚を決めることとなる。

尚、半導体装置全面に緩衝膜を付ける必要はなく、適宜、マスク手段を設けて、配線の布設が必要な箇所及びその近辺のみに緩衝膜を成膜すれば、後のエッチング工程が多少、楽になろう。

本実施例では、パッシベーション膜が1~2 μm 緩衝膜としてのCrが500Åであるので、多少強めにエッチングを施しても、半導体装置の特性に影響はない。

上部電極9にMoターゲットを用いれば緩衝膜としてMoを成膜できる。この場合のMo膜厚も後のエッチング工程にいかなる手段を用いるかで、数100~1000Åの範囲で適宜決定する必要がある。

緩衝膜を成膜後、バルブ15を閉じてメインチャンバ3内を 1×10^{-7} Torr程度まで排気し、ステージ13を駆動させてウェハ7'を窓22直下

を用い、0.1Torr前後の圧力になる様に調整する。なお、必要に応じてAr、He等の不活性ガスを導入して大気圧付近まで圧力を上げて良い。また、 $\text{Mo}(\text{CO})_6$ は室温では白色固体であり昇華による蒸気圧が低いため、ポンベ18、バルブ14、配管16を加熱する必要がある。(図示せず)。

ここでArレーザ発振器23よりArレーザ24を発振させレーザ光学系25、対物レンズ26により集光しつつ、窓22を介してウェハ7'上の穴あけされ配線が露出している部分(以下、窓内部と称す)に当該レーザ光を照射する。レーザ出力にもよるが、数秒~数10秒で窓内部Moを析出させることができる。完全に窓内部を埋め込んだ後、シャッタ(図示せず)によりレーザ光24を遮断し、制御装置(図示せず)により設計寸法、あるいは予め設定された寸法だけステージ13を移動させ、対をなす接続すべき部分(配線が露出している部分)とマーカを一致させる。位置合せ終了後、シャッタを開いてレーザ光24を照射し、

に移動する。窓22を介してレーザ集光用対物レンズ26、TVカメラ27、モニタ28により配線布設を行うべき半導体装置上の一定位置(例えばターゲットマーク)とモニタ28上のマーカ(例えば電子ラインの交点)を一致させる。そして設計上の寸法に従ってX-Yステージ13を駆動して、接続を要する部分、即ちパッシベーション膜および必要に応じて層間絶縁膜に窓が形成され配線が露出した部分、とマーカを一致させる。このマーカは、レーザ光19を照射した場合の集光位置である。

本発明で用いられるレーザCVD技術は、レーザ光の照射位置に発生する熱エネルギーにより、当該発熱位置近傍に浮遊するCVD用原料ガスを分解して堆積させるものである。

バルブ14を開き、CVD原料ガスポンベ18から配管16を介してCVDガスをメインチャンバ3に導入するとともに、バルブ6'を閉じてCVDガスを一定圧力で閉じ込める。ここではCVDガスとして $\text{Mo}(\text{CO})_6$ 。(モリブデンカルボニル)

窓内部をMoで埋め込む。

複数箇所の接続を行う場合は上記動作を繰返し、全ての窓内部の穴埋めを終了すると、次に穴埋めした部分と穴埋めした部分の接続、即ち配線形成を行う。まず、一方の穴埋めした部分に位置合せを行った後、レーザ光24を照射しながら、ステージ13を予め設定された経路に従って一定速度で移動させ、Mo配線を形成する。そして他方の穴埋め部分までMo配線を形成しながら到達した時点で、レーザ光24の照射を停止する。複数の配線を布設する場合は上記動作を繰り返す。なお、これらの穴埋め、配線形成はレーザ光19のON/OFFおよびステージ13の移動により達成されるが、接続すべき点を予め座標として入力しておくことにより、通常のシーケンス制御、数値制御あるいはその組合せにより、自動的に行うことができる。

本実施例ではCVD原料ガスとして $\text{Mo}(\text{CO})_6$ を用い、Mo配線を布設する例を示したが、ガスとして $\text{Cr}(\text{CO})_6$ 、 $\text{W}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 、とい

った金属カルボニル、 MoF_6 、 WF_6 といったハロゲン化合物、 $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ 、 $\text{Cd}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ といったアルキル化合物を用いることができ、とくにプロセスは変わらない。

配線布設が全て終了した後、バルブ6を開き $\text{Mo}(\text{CO})_6$ を排出する。10⁻⁷Torr程度まで排気して、ゲートバルブ2を開きウェハ7をロードロック室1内の試料台8上に移動させる。ゲートバルブ2を閉じた後、Arガスポンベ12のバルブ10を開いてArガスをロードロック室1に導入し、Arガス圧が数mTorrに保たれる様に調整する。その後、上部電極9をアースレベルにし、試料台8に高周波電力を印加してArプラズマを発生させ、Ar⁺イオンでウェハ7表面をスパッタリングする。これにより、ウェハ7表面に形成されていた緩衝膜としてのCr膜を除去することができる。なお、レーザCVDにより形成されたMo膜も表面がスパッタリングによりけずられるが、通常Mo配線は0.2~2 μm の膜厚に形成するので、数100~1000Å程度のCr膜を除

よごれ、あるいは水分等の汚染物56が表面に付着している。またプロセス中に生じた反応生成物が付着している場合もある。このまま配線形成を行うと、配線膜(緩衝膜も含めて)の付着力低下、場合によっては配線膜の剥離が生じる恐れもある。

そこで第3図(b)に示す様に、スパッタクリーニングにより、汚染56を除去する。その後、大気にさらすことなく第3図(c)に示す様に、集束イオンビーム加工により配線の切断57、および接続を要する部分へのパシベーション膜55および必要に応じて層間絶縁膜53に窓58、58'を形成して、接続を要する配線の一部を露出させる。

その後、大気にさらすことなく第3図(d)に示す様にパシベーション膜55に対して密着性が良く、導電性を有し、かつレーザ光の吸収率の高い膜59(具体的にはクロム膜)をスパッタにより数100~1000Åの厚さで全面に成膜する。しかる後、 $\text{Mo}(\text{CO})_6$ (モリブデンカルボニル)ガス雰囲気中でArレーザを集光照射することに

よする条件であれば問題にならない。

尚、密着性を向上させるには、緩衝膜として、100Å以上の膜厚が必要ながことが経験的に得られている。

これらの処理を終了することにより、ウェハ上に必要とする配線を布設することができた。

ここで、さらに第3図によって本発明の配線形成方法について詳しく説明する。第3図(a)は配線切断および配線布設を要する半導体装置の断面を示している。本発明においては半導体装置を多数登録したウェハを直接の配線布設対象としても良いし、半導体装置1つを登録したチップを対象としても良い。

Si基板50(第2図(a))上に SiO_2 膜51を介して1層目のAl配線52が形成され、層間絶縁膜53を介して2層目のAl配線54が形成され、さらにその上にウェハを保護するためのパシベーション膜55が形成されている。このように、完成した(あるいは途中段階のものも同様だが)半導体装置は大気中で特性評価等を行うため

より、まず穴58、58'をMoで埋め込む。ついで、穴58と穴58'の間をArレーザ光を照射しながらウェハを移動することにより、第2図(e)に示す様にMo配線60を形成する。そして不要なCr膜を除去することにより第2図(f)に示す様に布設が完了する。

ここでレーザ光源としてArレーザが用いられているが、緩衝膜に吸収されて熱に変わり得る波長のレーザ光源であれば使用可能である。但し、連続発振の方が望ましい。例えばクリプトン(Kr)レーザ、YAGレーザ(高周波発振も含む)、加工部分の寸法が許せばCO₂レーザが挙げられる。

またCr膜59はArレーザ光に対し、その膜厚が300Åでは約14%、600Åのとき約2%の透過率であり、他のレーザ光源に対しても透過率は極端に変わらないので、下地へのレーザ照射による熱影響を防止することができる。また、Cr膜59がレーザ光を吸収して発熱し、そこで分解反応が起きてMo膜が析出するため、パシベーション膜厚、Al配線の有無等の下層の影響が小

さく、Mo配線60の膜厚、配線幅の変化も小さい。さらには、Cr膜自体がAl配線と比較して反射率が低く、また熱伝導率も小さいので、Cr膜59がない場合に比べて低いレーザ出力でもMo配線60が形成できるし、同じ出力の場合にはより高速で形成できる。また、一連の工程を同一装置内で処理できるのでAl配線52表面の酸化物、あるいはCr膜59表面の酸化物が新たに生成することもなく、接続抵抗の小さい良好な配線を布設できる。

なお、本実施例では予め全面に形成したCr膜のうち不要部分を除去するためにスパッタ・エッチングを行ったが、第2図(e)に示す状態で大気中に取り出しても、特に不都合はない。このため、ウェットエッチングの手法により不要Cr膜を除去することもできる。即ち、例えばエッチング液として水1ℓに硝酸第2セリウム・アンモン $\text{Ce}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ 200gを溶解させたものを用い、室温で約30秒間浸漬することにより、500ÅのCr膜を除去することができる。

ポンペ12と共用しても良い。

イオンビーム加工室67にはウェハ7''を載置し、X-Y-Z-θに移動可能なステージ80が設置され、イオンビーム光学系20により任意箇所イオンビームを照射できる構成となっている。また、真空ポンプ81によりバルブ82、配管83を介して排気できる構成となっている。

レーザCVD室69はウェハ7''を搭載し、X-Y-Z-θに移動可能なステージ84が設置され、流量調整用のバルブ85、配管86を介してCVD原料ガスポンペ87に接続されている。そして真空ポンプ88によりバルブ89、配管90を介して排気できる構成となっている。さらにレーザCVD室69にはレーザ透過窓22が設けられ、Arイオンレーザ発振器23から発振されたArイオンレーザ光24がレーザ光学系25を介して対物レンズ26で集光してウェハ7''に照射できる構成となっている。

上記構成において、ウェハ7をロードロック室1内の試料台8に載置し、密閉後排気し、その後

次に本発明の配線布設装置の別な実施例を第4図に示す。なお第1図と同じ部分は同一番号で示してある。

ロードロック室1はゲートバルブ2によりスパッタ室65に連結されており、真空ポンプ4により、配管5、バルブ6を介して排気できる構成となっている。ロードロック室1にはウェハ7を載置するための試料台7および上部電極9が設けられ、さらには流量調整用のバルブ10、配管11を介してArガスポンペ12に接続されている。

またスパッタ室65はゲートバルブ66によりイオンビーム加工室67に、ゲートバルブ68によりレーザCVD室69に連結されており、真空ポンプ70により配管71、バルブ72を介して排気できる構成となっている。またスパッタ室65にはウェハ7'を載置するための試料台73およびスパッタ用ターゲットを有する上記電極74が設けられ、さらには流量調整用のバルブ75、配管76を介してArガスポンペ77に接続されている。なおArガスポンペ77はArガス

数mTorrの圧力となる様にArガスを流しながら、上部電極9をアースレベルに、試料台8に高周波電力を印加し、Ar⁺イオンのスパッタリングによりウェハ7の表面をクリーニングする。その後、バルブ10を閉じ、バルブ6を開いて真空ポンプ4により十分に排気する。その後、ゲートバルブ2を開いてウェハ7をスパッタ室65内の試料台73上に搬送手段(図示せず)により移動する。

ここでゲートバルブ2を閉じ、ゲートバルブ66を用いてウェハ7'をイオンビーム加工室67内のステージ80上に搬送手段(図示せず)により移動する。ここで、イオンビーム光学系20(詳細については第2図参照)により、イオン走査顕微鏡像を観察しながら、ウェハ7'内の処理を行うチップの例えばターゲットマーク等によりX-Y-Z-θの位置合せを行う。その後、設計上の寸法に従ってステージ80を移動させ、切断を要する部分ではイオンビームを照射して配線を切断し、接続を要する部分ではイオンビームによりパシベーション膜あるいは必要に応じて層間

絶縁膜に窓を形成して、配線の表面を露出させる。

必要な切所、窓形成を全て終了すると、ゲートバルブ66を開きウェハ7'をスパッタ室65内の試料台73上に搬送手段(図示せず)により移動する。ゲートバルブ66を閉じ、バルブ75を開いてArガスポンベ77よりArガスを導入し、数mTorrの圧力に調整しながら上部電極74に高周波電力を印加する。試料台73はアースレベルにある。これによりAr⁺イオンがターゲットをスパッタリングし、Cr原子がウェハ7'上に付着して、Cr膜を成膜する。そして所定の厚さ(数100~1000Å)に成膜した後、高周波電力の印加を停止し、バルブ75を閉じてArガスを排気する。

次にゲートバルブ68を開いてウェハ7'をレーザCVD室69内のステージ84上に搬送手段(図示せず)により移動し、ゲートバルブ68を閉じる。その後、バルブ85を開きCVD原料ガスポンベ87よりMo(CO)₆ガスをレーザCVD室69内に導入し、一定圧力としてバルブ85を

線の布設を行う。

全ての配線を形成した後、バルブ89を開いてMo(CO)₆を排出し、ゲートバルブ68を開いてウェハ7'をスパッタ室65へ、さらにはゲートバルブ2を開いてロードロック室1の試料台7上へと搬送する。ゲートバルブ2を閉じた後、Arガスポンベ12よりArガスをロードロック室1に導入しつつ、Arガス圧を数mTorrに保たれる様に調整する。

その後、試料台47に高周波電力を印加し、Ar⁺イオンによるスパッタリングでウェハ7表面に形成されていたCr膜を除去する。当然、Mo配線表面もスパッタリングされるが、通常Mo配線は0.2~2μmの膜厚に形成するので、数100~1000Å程度のCr膜を除去する条件であれば問題にならない。

第4図に示した装置による各工程での断面形状も第3図での説明と全く同じであり、同様の効果が得られる。

尚、第1図および第4図で説明した装置では、

閉じる。この時、ウェハ7'の表面は対物レンズ26、TVカメラ27、モニタ28により窓22を透過して観察できる。ここでステージ84によりZ方向、θ方向の調整を行った後、レーザ光24の集光位置とチップのターゲットマークを、X-Yに移動して一致させた後、設計上の寸法に従ってステージ84を移動させて、接続を要する部分、即ちイオンビーム加工によりパッシベーション膜および層間絶縁膜に窓(穴)が形成されて配線が露出した部分と、レーザ光の照射位置を一致させる。

ここでArレーザ発振器18よりレーザ光19を発振させ、レーザ光学系20、対物レンズ21により集光しつつ、窓17を介して穴内部にレーザ19を照射する。これにより穴内部にMoを析出させ、埋め込む。必要に応じて全ての接続を要する穴を埋め込んだ後、設計寸法、あるいは予め設定された寸法に従い、埋め込まれた部分と埋め込まれた部分の間を、ステージ49により移動しながらレーザ光19を照射して接続、即ちMo配

スパッタリングによるクリーニングと、スパッタによる緩衝膜の成膜を別の電極で行う様に説明したが、同一電極で行うことも可能である。即ち第4図を例にとりて説明すると、スパッタ室65内の試料台73を下部電極とし、数mTorrのArガス雰囲気内で下部電極73に高周波電力を印加し、上部電極74をアースレベルに保つことにより、下部電極73上に積置したウェハ7'の表面をクリーニングすることができる。そして同じ雰囲気内で上部電極74に高周波電力を印加し、下部電極73をアースレベルに保つことにより、上部電極74に取り付けたターゲットにより、下部電極73上に積置したウェハ7'上に成膜することができる。この場合、クリーニングおよび成膜兼用のスパッタ室をロードロック室とも兼用させてもよいし、別にロードロック室を設けても良い。また第1図および第4図におけるロードロック室1をスパッタクリーニング室とし、別に専用のロードロック室を設けても良い。さらには、クリーニング、スパッタ成膜、イオンビーム加工、レーザ

CVDの配置についても本実施例に限定されるわけではなく、装置構成上の要求から配置を適宜変更しても、本発明の趣旨から外れるものではない。

次に第5図に緩衝膜を成膜する機構部分の別の実施例を示す。これは、第1図では上部電極21に、第4図ではスパッタ室65に、それぞれ対応する機構部分であり、成膜手段として真空蒸着室95を用いるものである。

即ち、電子銃96から放射される電子線97により、ろつぼ98内に設置された蒸着材料99を加熱・蒸発させて試料台100に固定されたウェハ表面に金属あるいは半導体膜を形成するものである。試料台100は回転軸101により回転可能な構造をしており、イオンビーム加工室67で配線切断および窓あけされたウェハはゲートバルブ66を介して試料台100上に移動・固定される。その後で試料台100は180°回転し、ウェハ表面が下向き状態でシャッタ102を開いて、蒸着を行う。

当然のことながら、蒸着室95内は真空ポンプ

膜を形成する。必要な膜厚が形成されるとバルブ113を閉じ、十分に排気した後、ゲートバルブ68を介してメインチャンバにウェハ7を移動する。この後の配線形成工程、および不要膜の除去工程は第1図および第4図における工程と同一である。これらにより第1図、第4図に示した配線布設装置とほぼ同じ効果が得られる。

また本発明の実施例においては、それぞれの装置の構成および機能を説明したが、たとえばバルブを電磁バルブあるいは空気作動バルブに、流量調整用バルブを上記電磁バルブあるいは空気作動バルブと流量制御装置（マス・フロー・コントローラ）を使用することにより、ウェハをロードロック室に挿入してから、配線布設が完了するまでを、シーケンス制御、あるいは数値制御等により完全に自動的に実行可能である。

また、表面クリーニングにはA₊プラズマによるスパッタリングで説明して来たが、紫外光照射による汚染源除去、エッチングガスを利用した反応性イオンエッチングを適用することもできる。

103により、バルブ104、配管105を介して十分な真空度に保たれている。ウェハ表面への蒸着が終了するとシャッタ102を閉じ、試料台100を回転させてウェハを上向きとし、ゲートバルブ68を介してレーザCVD室へ搬送される。

また第6図に緩衝膜を成膜する機構部分の別の実施例をCVD室110として示す。第4図に示すスパッタ室65のかわりに使用することができる。即ち、ヒータを有する試料台111とCVD原料ガスポンプ112、バルブ113、配管114、ノズル115を備え、また排気系として真空ポンプ116、バルブ117、配管118を備えている。

イオンビーム加工室67で配線切断および窓あけされたウェハ7はゲートバルブ66を介して試料台111上に移動される。試料台111のヒータによりウェハ7が必要な温度に加熱されてから、CVD原料ガスポンプ112から当該ガスを調整バルブ113、配管114を介してノズル115からウェハ7上に流しながら金属あるいは半導体

また、密着性向上、熱影響低減のための膜形成には、スパッタ成膜、熱CVD、真空蒸着の他、紫外光、あるいは赤外光照射によるCVDによっても実現可能である。

また、レーザCVDによって配線を形成する際にステージの移動によって行ったが、光学系を移動することによっても同じ配線形成を行うことができる。

〔発明の効果〕

以上に述べた様に、本発明によれば半導体装置上に密着性の優れた配線を形成できる。

レーザ光が下地部分（特に半導体装置の拡散領域等）に直接、照射されないので、過熱防止の効果がある。更に、下地の構造の影響を受けにくいので、一定膜厚・一定幅の配線が形成できる効果がある。

また配線形成の工程を真空中で行うため、接線部分の接触抵抗を小さくでき、良好な接線が行える効果がある。

更には、半導体装置の不良箇所の特定、不良箇

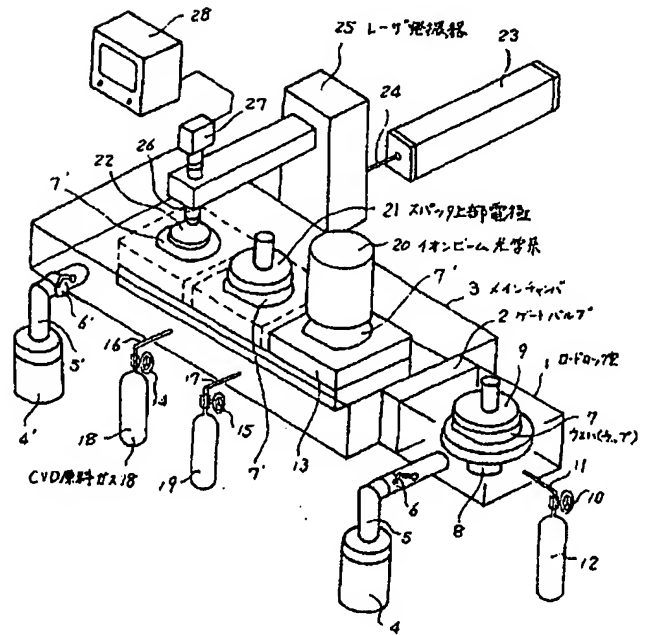
所の補修による特性評価、設計変更の迅速化に効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例である配線形成装置の全体構成図、第2図はイオンビーム光学系の構成図、第3図は本発明の配線形成方法の各工程を説明するための図、第4図は本発明の他の実施例である配線形成装置の全体構成図、第5図は緩衝膜形成機構の実施例を示す図、第6図は緩衝膜形成機構の他の実施例を示す図である。

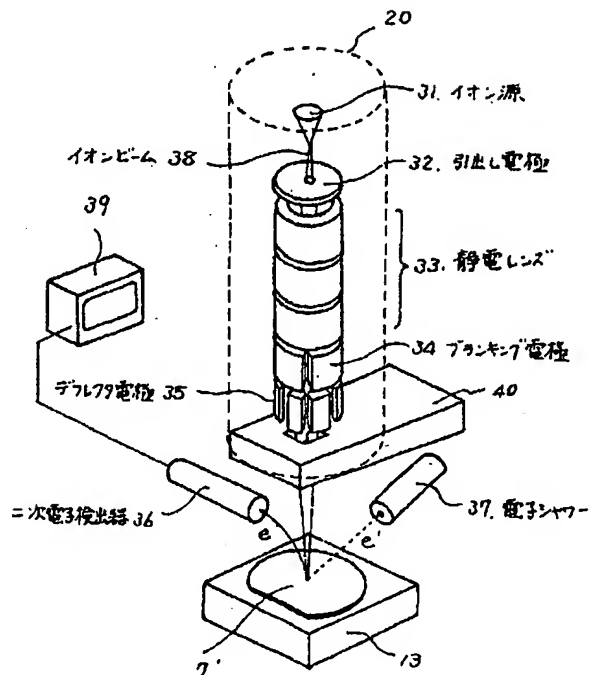
1…ロードロック室、2…ゲートバルブ、3…メインチャンバ、4、4'…真空ポンプ、7、7'…ウェハ、12、19、77…Arガスポンベ、18、87…CVD原料ガスポンベ、20…イオンビーム光学系、23…Arレーザ発振器、9…スパッタクリーニング用上部電極、21、74…スパッタ成膜用上部電極。

第1図

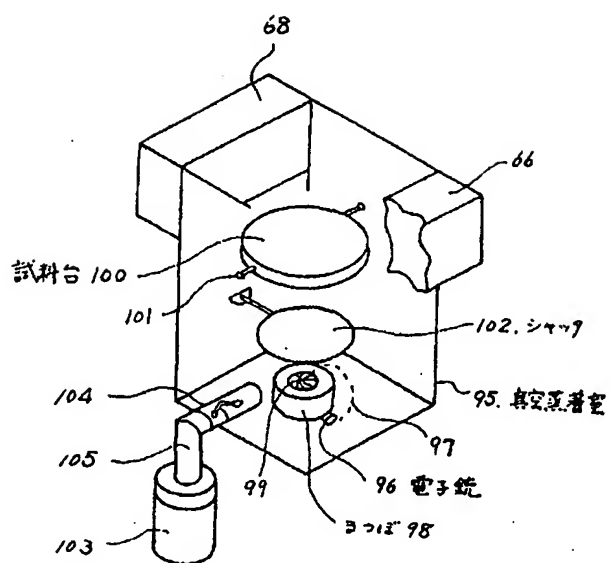


代理人弁理士 小川 勝 男

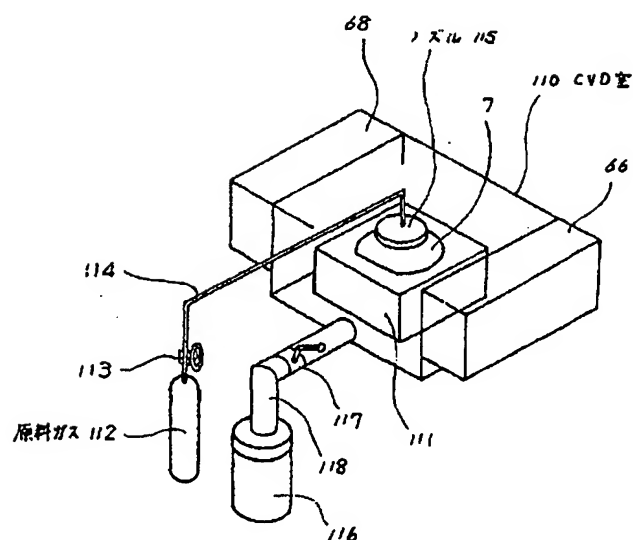
第2図



第 5 図



第 6 図



第1頁の続き

⑦発明者	相 内	進	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地	株式会社日立製作所生産技術研究所内
⑧発明者	大 原	貞 雄	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地	株式会社日立製作所生産技術研究所内
⑨発明者	伊 藤	文 和	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地	株式会社日立製作所生産技術研究所内
⑩発明者	嶋 瀬	朗	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地	株式会社日立製作所生産技術研究所内
⑪発明者	原 市	聡	神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地	株式会社日立製作所生産技術研究所内
⑫発明者	高 橋	貴 彦	東京都青梅市今井2325番地	株式会社日立製作所デバイス開発センター内